DOI:10.11931/guihaia.gxzw202407016

浙江珍稀濒危植物现状及优先保护研究

段雨豪[1]，陈锋[2]，张宏伟[3]，何安国[4]，刘菊莲[5]，刘西[6]，陈小荣[7]，叶立新[7]，庞春梅[8]，俞立鹏[9]，赵昌高[10]，王冠舜[1]，鲁益飞[1]，金孝锋[1*]，于明坚[11*]

（1. 浙江农林大学 林业与生物技术学院，杭州 311300；2. 浙江省森林资源监测中心，杭州 310020；3. 浙江清凉峰国家级自然保护区管理局，杭州 311321；4. 浙江省大盘山国家级自然保护区管理局，浙江 磐安 322300；5. 浙江九龙山国家级自然保护区管理中心，浙江 遂昌 323300；6. 浙江乌岩岭国家级自然保护区管理中心，浙江 泰顺 325500；7. 钱江源-百山祖国家公园百山祖管理局，浙江 丽水 323000；8. 浙江天目山国家级自然保护区管理局，杭州 311311；9. 安吉小鲵国家级自然保护区管理中心，浙江 安吉 313301；10. 景宁畲族自治县生态林业发展中心，浙江 景宁 323500；11. 浙江大学 生命科学学院，杭州 310058）

摘　要：该文对浙江分布的国家重点保护野生植物（2021 年）及浙江省重点保护野生植物（2023 年，待发布）的物种组成特征、地理分布格局进行了分析，运用濒危系数、遗传价值系数和物种价值系数定量分析浙江全省珍稀濒危植物优先保护顺序。结果表明：（1）浙江分布的珍稀濒危植物共 101 科 229 属 333 种，其中种子植物共 311 种，占比高达 93.39%，以兰科（Orchidaceae）植物种类最为丰富，有 32 属 56 种。（2）从区域水平分布看，浙江的珍稀濒危植物密度较高地区主要集中在浙西北天目山区（147 种）、浙西南洞宫山区（164 种），浙北平原分布的珍稀濒危植物种类少。（3）从垂直分布看，随着海拔的升高，珍稀濒危植物的种类先增加后减少，呈现倒“U”形的分布趋势，在海拔 601~800 m 范围种类最多（60 科 113 属 144 种）。（4）根据优先保护定量分析，属于优先保护I级的 82 种（26.62%）、II级的 144 种（43.24%）、III级的 85 种（25.53%）、IV 级的 22 种（6.61%）。浙江珍稀濒危植物种类丰富，通过分析直观地反映了省内各珍稀濒危植物保护的迫切程度，各物种现状与分析结果大致相符，需加强监测并及时对优先保护顺序进行动态调整。

关键词：珍稀濒危植物，物种组成，分布格局，优先保护，浙江

中图分类号：Q948.15　　　　　　**文献标识码**：A

Resource status and priority for the protection of rare and endangered plants in Zhejiang Province, China

DUAN Yuhao[1], CHEN Feng[2], ZHANG Hongwei[3], HE Anguo[4], LIU Julian[5], LIU Xi[6], CHEN Xiaorong[7], YE Lixin[7], PANG Chunmei[8], YU Lipeng[9], ZHAO Changgao[10], WANG Guanshun[1], LU Yifei[1], JIN Xiaofeng[1*], YU Mingjian[11*]

(1. *School of Forestry and Bio-technology, Zhejiang A & F University*, Hangzhou 311300, China; 2. *Zhejiang Forest Resources Monitoring Centre*, Hangzhou 310020, China; 3. *Administration of Zhejiang Qingliangfeng National Nature Reserve*, Hangzhou 311321, China; 4. *Administration of Zhejiang Dapanshan National Nature Reserve*, Pan’an 322300, Zhejiang, China; 5. *Administration Center of Zhejiang Jiulongshan National Nature Reserve*, Suichang 323300, Zhejiang, China; 6. *Administration Center of Zhejiang Wuyanling National Nature Reserve*, Taishun 325500, Zhejiang, China; 7.

基金项目：国家林业与草原局浙江省野生兰科资源专项调查项目（2021070703）；国际植物园保护联盟（BGCI）资助项目（GTC/2022/021）。

第一作者：段雨豪(1997—)，硕士研究生，主要从事植物资源保护与利用研究，(Email)dyh233500@163.com。

*__通信作者__：金孝锋，博士，教授，主要从事植物分类与系统进化研究，(Email) docxfjin@163.com；于明坚，博士，教授，主要从事植被生态和生物多样性保护研究，(Email) fishmj@zju.edu.cn。

Administration of Baishanzu, Qianjiangyuan-Baishanzu National Park, Lishui 323000, Zhejiang, China; 8. *Administration of Zhejiang Tianmushan National Nature Reserve*, Hangzhou 311311, Zhejiang, China; 9. *Administration Center of Anji Salamander National Nature Reserve*, Anji 313301, Zhejiang, China; 10. *Jingning Ecological Forestry Development Center*, Jingning 323500, Zhejiang, China; 11. *College of Life Sciences, Zhejiang Univeristy*, Hangzhou 310058, China)

Abstract： The present study analyzed the listed rare and endangered plants on *The List of National Key Protected Wild Plants in China* (2021) and *The List of Zhejiang Province Key Protected Wild Plants* in 2023(to be announced), which are known to occur in Zhejiang Province and their patterns of distribution. Using the coefficients of endangerment, genetic value, and species value, priority protection of rare and endangered plants in the province was quantitatively analyzed. The results were as follows: (1) A totally of 333 rare and endangered species belonging 229 genera in 101 families had been documented as occurring in Zhejiang, of which 311 species (accounting for 93.39%) were seed plants. The family Orchidaceae had the greatest species richness with 56 species in 32 genera. (2) At the regional level, the highest densities of rare and endangered plants in Zhejiang were mainly concentrated in the Tianmu Mountain area (including 147 species) in northwestern Zhejiang and the Donggong Mountain area (including 164 species) in southwestern Zhejiang, whereas fewer rare and endangered plant species were distributed in the plains of north Zhejiang. (3) Based on elevation, the distribution of rare and endangered species revealed a "U"-shaped pattern of first increasing with increasing elevation and then decreasing as the elevation continued to increase. The largest number of rare and endangered species (144 in 113 genera of 60 families) was found at elevations 601 to 800 m above sea level (a.s.l). (4) According to the quantitative analysis of priority protection, 82 species (26.62%) were classified as requiring the first level of priority protection (I), while 144 (43.24%), 85 (25.53 %), and 22 (6.61%) species were classified as levels II, III, and IV, respectively. It is a species richness of rare and endangered plants in Zhejiang Province, and this analysis provides a more intuitive reflection of urgent need for a specific degree of protection for various species. The current status of each species is roughly consistent with the results, and it is necessary to strengthen monitoring for proposing dynamically adjustments of the priority protection order for rare and endangered plants.

Keywords: rare and endangered plants, species component, distribution pattern, priority conservation, Zhejiang

中国是野生植物种类最丰富的国家之一，但由于早期经济发展和人类活动，对生态环境和生物多样性资源造成了严重破坏，人为或自然因素导致受威胁的高等植物有 4 110 种，占总数的 10.5%，因此，研究珍稀濒危植物的分布特性及其保护状况，对于生物多样性的保护以及相关策略的制定具有至关重要的意义（中国科学院生物多样性委员会，2023；余江洪等，2023）。如何以最小的资源投入实现对最大数量物种的保护，如何以最高效的资源配置确保对最需保护物种的保护，已成为生物多样性保护工作中的核心原则（Zhao et al., 2016）。对物种受威胁现状进行评估并明确其优先保护等级，不仅能够清晰展现物种的濒危状态，而且为物种的受威胁程度提供客观判断。《国家重点保护野生植物名录》、《中国生物多样性红色名录》等划分等级的研究是从全国出发，视角较广，在较小尺度存在一定偏差，且侧重不同，前者更倾向于科研与经济价值，后者则更侧重于濒危程度（陈瑞冰，2015）。此前，尽管已有学者对浙江分布的国家重点保护野生植物的多样性及濒危现状进行深入研究（林夏珍和楼炉焕，2002；金水虎等，2002；王昌腾和朱圣潮，2004；陈锋等，2022），但众多珍稀濒危物种的保护状况仍待进一步评估。为对浙江的珍稀濒危植物现状形成更全面认识，本研究在吸收其他学者评价方法的基础上（何友均等，2004；陈瑞冰等，2015；彭乾乾等，2017；宋满珍等，2019），采用层次分析法，完善浙江珍稀濒危植物优先保护评估框架。此框架融合了定

性与定量的方法，对植物濒危状态及保护优先级进行精确评估，其成果将引导该区域内珍稀植物的有效保护工作，旨在为浙江野生植物资源保护管理与合理开发利用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

浙江（118°01′—123°10′ E、27°02—31°11′ N）地处我国东南沿海，处于亚热带中部，由热带向温带逐渐过渡，受季风影响强烈，雨热同期，年平均气温在 15.3~18.5 ℃之间，年日照时数在 1 800~2 300 h 之间，年均降水量在 1 100~2 000 mm 之间（浙江省林业厅区划办公室，1991）。山脉走向与大气环流的形势成正交，对寒潮、台风都有一定的屏障作用，水分、热量条件均比同纬度其他地区更为优越。以江山—绍兴断裂为界，浙江分为江南地层区（浙东北）、华南地层区（浙西南）。两地层分属扬子准地台及华南皱系范畴，在岩性、岩相、岩石组合等方面存在明显差异（叶仲节和柴锡周，1986）。浙江整体地势呈现出西南部高，而东北部低的特征。西南部的山地高耸，谷地深邃，地形错综复杂，小气候条件多样，生物资源丰富；中部地区主要由海拔在 100～500 m 之间的丘陵和盆地构成，这些地形散布于低山之间，呈现出地形低平且破碎的特点；东北部则为海拔普遍低于 10 m 的堆积平原（陈桥驿，1985）。充分的水热条件以及多样化的地质条件孕育出蕴藏量丰富，种类繁多的植物资源，浙江现有维管植物 262 科 1 587 属 4 866 种，分别占全国维管植物科、属、种的 74.85%、38.12%、11.79%（金孝锋等，2022）。

1.2 数据来源

以《中国植物志》、*Flora of China*、《浙江植物志（新编）》《天目山植物志》《温州植物志》《宁波植物图鉴》等为数据来源来确定物种及其分布情况等信息。本研究中的珍稀濒危植物指列入《国家重点保护野生植物名录》（2021）、《浙江省重点保护野生植物名录》（2023，待公布）和《中国高等植物受威胁物种名录》（2017）中列为易危（VU）及以上等级的植物。根据确定的种名查阅相关文献，相关标本信息来源于中国数字植物标本馆（https://www.cvh.ac.cn/）、国家标本资源平台（http://www.nsii.org.cn/2017/home.php.），并通过全球生物多样性信息平台（https://www.gbif.org/）对浙江珍稀濒危植物分布信息进行补充。自然保护区面积数据来自中华人民共和国生态环境部。最终，通过 ArcGIS 10.4、Origin 2022 软件进行数据输出并与图层相叠加获得浙江珍稀濒危植物密度分布图，ArcGIS 中浙江省县域行政单元的空间数据来源于《全国地理信息资源目录服务系统》（https://www.webmap.cn/）。文中石松类和蕨类植物按秦仁昌系统排列（秦仁昌，1978）；裸子植物按郑万钧系统排列（郑万钧等，1975）；被子植物按克朗奎斯特系统排列（Cronquist，1981）。

1. 3 浙江珍稀濒危植物物种丰富度分布特征分析

分析浙江珍稀濒危植物在县级单元的分布密度，以县级为单位。考虑到各县域面积大小不一致，采用基于面积自然对数的密度修正公式消除面积因素影响（Qian, 1998）。

$$D = \frac{S}{\ln A}$$

式中：D 为每个县级单元的珍稀濒危植物物种密度；S 是每个县级单元分布的珍稀濒危植物物种数；A 为每个县级单元的面积（km^2）。根据计算所得物种密度进行空间分布密度进行分级（8 个等级），绘制浙江县级单元珍稀濒危植物物种丰富度分布图。

1. 4 浙江珍稀濒危植物优先保护评价体系

为评估浙江珍稀濒危植物物种价值，特根据浙江实际情况改进评价指标以及植物优先保护级别划分标准（表 1）。分别采用濒危系数（c_{t}）、遗传价值系数（c_{g}）和物种价值系数（c_{s}）进行赋分计算濒危植物优先保护值（方元平等，2007）。

$$C = \sum_{i=1}^{n} X_i \Big/ \sum_{i=1}^{n} \max_i \quad ; \quad v_{\mathrm{s}} = 60\% c_{\mathrm{t}} + 20\% c_{\mathrm{g}} + 20\% c_{\mathrm{s}}$$

式中：X_i表示各指标分项得分值；$\max_i$表示各指标分项所设最高赋分值；n 为各指标分项个数；C 表示各指标系数；v_s为优先保护综合值。

表 1 珍稀濒危植物优先保护评价体系

Table 1 Evaluation system for priority protection of rare and endangered plants

系数 Coefficient	评价指标 Evaluation index	赋分 Score	优先保护值 Priority protection value	保护级别 Protection class
濒危系数 Threatened coefficient (c_t)	国内分布频度 Frequency in China	1~5	v_s≥0.628 6	I级 The first class
	浙江分布频度 Frequency in Zhejiang	1~5		
	受威胁程度 Threatened level	1~4	0.628 6＞v_s≥0.542 9	II级 The second class
遗传价值系数 Genetic coefficient (c_g)	特有状况 Endemic	1~5		
	种型状况 Species type	1~5	0.542 9＞v_s≥0.342 9	III级 The third class
物种价值系数 Species value coefficient (c_s)	学术价值 Academic value	1~3		
	美观价值 Esthetic value	1~5	v_s＜0.342 9	VI级 The fourth class
	经济价值 Economic value	1~3		

2 结果与分析

2.1 物种组成

浙江共有珍稀濒危植物包括藻类、苔藓、石松类和蕨类植物和种子植物（裸子植物、被子植物）共 101 科 229 属 333 种（含种下等级，下同）（表 2）。其中藻类 1 种：黑叶马尾藻（*Sargassum nigrifolioides*）；苔藓植物 3 种：桧叶白发藓（*Leucobryum juniperoideum*）、多纹泥炭藓（*Sphagnum multifibrosum*）和粗叶泥炭藓（*S. squarrosum*）；石松类和蕨类植物 12 属 18 种，以石松科（Lycopodiaceae）、水韭科（Isoetaceae）、桫椤科（Cyatheaceae）为主；种子植物 88 科 215 属 311 种，分别占浙江野生种子植物科、属、种的 53.15%、19.81%、9.94%。种子植物中，含 5 种以上的科有 16 个，兰科（Orchidaceae）共 56 种，占 16.81%，数量明显占优，其次是百合科（Liliaceae）有 13 种，占 3.91%，其余如红豆杉科（Taxaceae）、蝶形花科（Fabaceae）、小檗科（Berberidaceae）、樟科（Lauraceae）等均大于 5 种。中国特有科为银杏科（Ginkgoaceae）和杜仲科（Eucommiaceae）。中国特有属共计 18 个，如杜仲属（*Eucommia*）、拟单性木兰属（*Parakmeria*）、半枫荷属（*Semiliquidambar*）、牛鼻栓属（*Fortunearia*）、七子花属（*Heptacodium*）、永瓣藤属（*Monimopetalum*）、象鼻兰属（*Nothodoritis*）等，表现出浙江珍稀濒危植物较高的特有性。

浙江分布的珍稀濒危珍稀植物中，被评估为极危（CR）等级的有 25 种，如百山祖冷杉（*Abies beshanzuensis*）、景宁玉兰（*Yulania sinostellata*）、雁荡润楠（*Machilus minutiloba*）、银缕梅（*Shaniodendron subaequalis*）、细果秤锤树（*Sinojackia microcarpa*）、浙江安息香（*Styrax zhejiangensis*）等，多为浙江特有植物或极小种群物种。被评估为濒危（EN）等级的 42 种，如短萼黄连（*Coptischinensis* var. *brevisepala*）、长序榆（*Ulmus elongata*）、永瓣藤（*Monimopetalum chinense*）、象鼻兰（*Nothodoritis zhejiangensis*)、浙江金线兰（*Anoectochilus zhejiangen*sis）等，多为浙江准特有种且种群数量较少。被评估为易危（VU）等级的 93 种，如金钱松（*Pseudolarix amabilis*）、福建柏（*Fokienia hodginsii*）、穗花杉（*Amentotaxus argotaenia*）、天目木姜子（*Litsea auriculata*）、泰顺杜鹃（*Rhododendron taishunense*）、血红肉果兰（*Cyrtosia septentrionalis*）、台湾独蒜兰（*Pleione formosana*）等，有一定种群规模，但受威胁程度较高。

表 2 浙江珍稀濒危植物科的组成

Table 2 Composition of the families of rare and endangered plants in Zhejiang Province

科内种数 No. of species in the family	科数 No. of families	占种总数比例 Proportion in total species (%)	代表的科 Representative family

56	1	16.82	兰科 Orchidaceae
13	1	3.90	百合科 Liliaceae
9	1	2.70	红豆杉科 Taxaceae
8	2	4.81	樟科、蝶形花科 Lauraceae, Fabaceae
7	7	14.71	石松科、金缕梅科、蔷薇科 Lycopodiaceae, Hamamelidaceae, Rosaceae
6	4	7.21	桦木科、槭树科、伞形科 Betulaceae, Aceraceae, Apiaceae
5	8	12.01	松科、芸香科、猕猴桃科、壳斗科 Pinaceae, Rutaceae, Actinidiaceae, Fagaceae
4	6	7.21	忍冬科、山茶科、苦苣苔科、冬青科 Caprifoliaceae, Theaceae, Gesneriaceae, Aquifoliaceae
3	8	7.21	罗汉松科、报春花科、鼠李科 Podocarpaceae, Primulaceae, Rhamnaceae
2	15	9.01	水韭科、柏科、蜡梅科 Isoetaceae, Cupressaceae, Calycanthaceae
1	48	14.41	水蕨科、银杏科、钟萼木科、杜仲科、莼菜科、水鳖科 Parkeriaceae, Ginkgoaceae, Eucommiaceae, Bretschneideraceae, Cabombaceae, Hydrocharitaceae
合计 Total	101	100	

2.2 分布规律

2.2.1 自然地理分布

丁炳扬等（2023）依据浙江自然地理特征与气候特征，自北向南将浙江分为 10 个区域（表 3）。浙江珍稀濒危植物在浙南洞宫山区分布最多，共 164 种，其次为浙西北天目山区（147 种），这二区域内自然保护区数量与面积上均占优。仙霞岭区、浙东南沿海区、千里岗山区、天台山区亦均超百种，浙北平原区和浙东北沿海区分布珍稀濒危植物较少。天目山区位于浙江西北部省域交界地带，物种特有成分高，区内珍稀濒危植物中国特有种 88 种，如银杏（*Ginkgo biloba*）、夏蜡梅（*Calycanthus chinensis*）、天目玉兰（*Yulania amoena*）等；浙西南的仙霞岭区与洞宫山区珍稀濒危植物物种数位居前列，二区域内海拔 1 500 m 以上有名山峰达 15 座，浙闽省界上还有一些山峰也都超过 1 500 m。浙江省内自然保护区与珍稀濒危珍稀植物分布热点地区大致相重叠，说明省内珍稀濒危珍稀植物得到了一定程度的就地保护，但部分地区仍然存在保护缺口，如浙东南沿海区以及天台山区珍稀濒危植物分布种类较多但缺少省级以上自然保护区。

表 3 浙江珍稀濒危植物自然地理分布

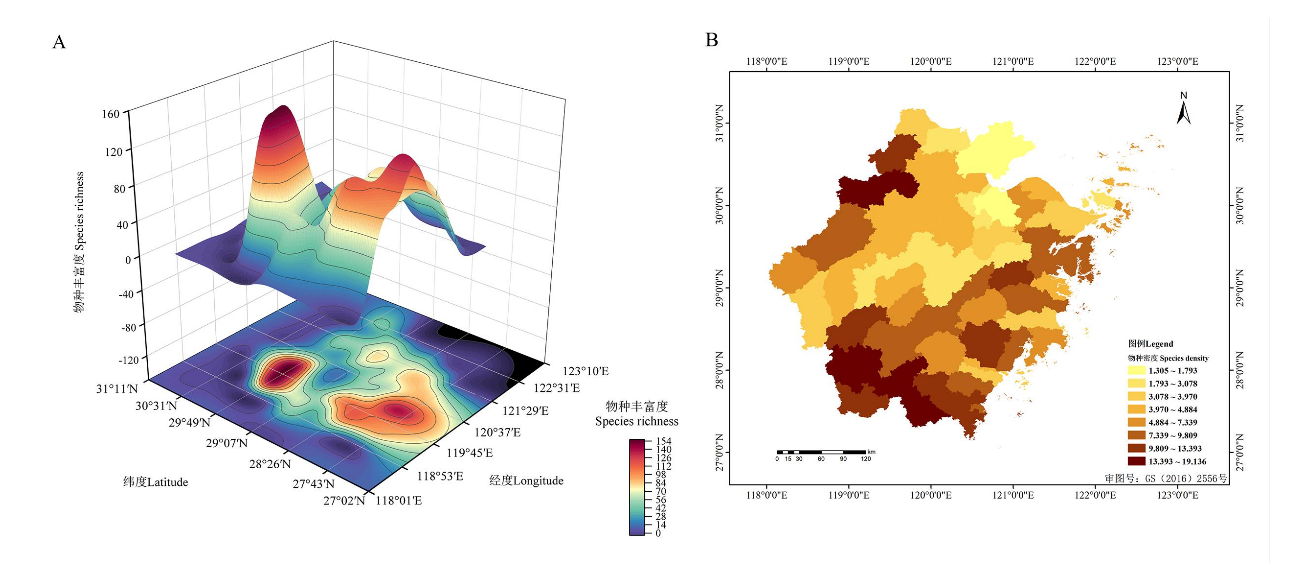
Table 3 Natural geographical distribution of rare and endangered plants in Zhejiang Province

区域 Zone	物种数 No. of species	区域内保护区 Protected area in the zone	保护区面积 Protected area (hm^2)
1 浙北平原区 North Zhejiang plain area	25	—	—
2 天目山区 Tianmu Mountain area	147	清凉峰国家级自然保护区 Qingliangfeng National Nature Reserve	11 252
		天目山国家级自然保护区 Tianmushan National Nature Reserve	4 284
		安吉小鲵国家级自然保护区 Anji Salamander National Nature Reserve	1 242.5
3 千里岗山区 Qianligang Mountain area	105	古田山国家级自然保护区 Gutianshan National Nature Reserve	8 108
		千里岗省级自然保护区 Qianligang Provincial Nature Reserve	1 275.88

4 大盘山区 Dapan Mountain area	84	大盘山国家级自然保护区 Dapanshan National Nature Reserve	4 558
		东白山省级自然保护区 Dongbaishan Provincial Nature Reserve	5 071.5
5 天台山区 Tiantai Mountain area	107	—	—
6 浙东北沿海区 Northeast Zhejiang coastal area	78	—	—
7 仙霞岭山区 Xianxialing Mountain area	137	九龙山国家级自然保护区 Jiulongshan National Nature Reserve	5 525
		仙霞岭省级自然保护区 Xianxialing Provincial Nature Reserve	6 990
8 括苍山山区 Kuocang Mountain area	96	括苍山省级自然保护区 Kuocangshan Provincial Nature Reserve	2 701
9 洞宫山区 Donggong Mountain area	164	乌岩岭国家级自然保护区 Wuyanling National Nature Reserve	18 861.5
		凤阳山-百山祖国家级自然保护区 Fengyangshan-BaishanzuNational Nature Reserve	26 051.5
		望东垟高山湿地省级自然保护区 Wangdongyang Alpine Wetland Provincial Nature Reserve	1 194.8
		大仰湖湿地群省级自然保护区 Dayang Lake Wetland Group Provincial Nature Reserve	2 131.2
10 浙东南沿海区 Southeast Zhejiang coastal area	116	—	—
合计 Total	—	—	99 246.88

2.2.2 行政区域分布

以县级行政单位为划分单元，统计各物种分布密度（图 1）。物种密度最高的县级行政区是临安（154 种），物种数量最多，其次泰顺（138 种）、龙泉（116 种）、景宁（113 种）、遂昌（105 种）分布的珍稀濒危植物也都超百种。超过 60 种的有庆元（94 种）、安吉（93 种）、文成（86 种）、永嘉（81 种）、天台（78 种）、苍南（75 种）、平阳（74 种）、淳安（73 种）、乐清（71 种）、瑞安（70 种）、松阳（70 种）、临海（66 种）、莲都（65 种）、象山（61 种）、缙云（61 种）；龙游、新昌等 15 个县（市、区）珍稀濒危植物物种数低于 20 种，其中嘉兴市下辖区县最少，均未超过 10 种。从全省珍稀濒危植物县域物种丰富度来看排名前 10 的区县有 8 个，都集中在浙江中、南部，浙北地区仅有 2 个。物种分布热点地区大部分集中在环省界各区县，物种密度与物种丰富度排序基本一致。综合分析，省内珍稀濒危植物的物种多样性在南部地区较北部地区更为丰富，西部地区亦较东部地区为高。珍稀濒危植物分布密集区域在浙西北和浙南两区域呈双驼峰状，中西部鞍部地带循序过渡，中东部沿海地区为分布次高峰，中部向东北方向延伸至钱塘江入海口为物种分布的低谷地带。物种分布特征与省内地形地貌紧密相关，随着地形从平原（如杭嘉湖平原、宁绍平原等）、盆地（如金衢盆地等）、丘陵（如安吉低山丘陵等）到山区（如天目山区、洞宫山区等），物种数量呈现出逐级递增的趋势。



A. 物种丰富度等高线图；**B**. 县级分布密度图。

A. Contour map of species richness; **B**. Density map of county distribution.

图 1 浙江珍稀濒危植物物种分布

Fig.1 Distribution of the rare and endangered plant species in Zhejiang Province

2.2.3 垂直分布

对浙江分布的珍稀濒危植物以每 200 m 海拔为单位进行划分，共计 10 个高度区间，最终得到垂直分布情况[其中多纹泥炭藓、小花花椒(*Zanthoxylum micranthum*)、细果野菱(*Trapa incisa*)等物种因缺少海拔分布数据不纳入统计]（图 2）。浙江分布的珍稀濒危植物的种类呈先增加后减少的趋势，海拔 601~800 m 区间的种类最多，有 144 种，其次依次为 401~600 m 区间（138 种）、201~400 m 区间（132 种）、801~1 000 m 区间（124 种）、1 001~1 200 m 区间（101 种）、200 m 以下（98 种）、1 201~1 400 m 区间（67 种）、1 401~1 600 m 区间（44 种）、1 601~1 800 m 区间（10 种），海拔 1 800 m 及以上未见珍稀濒危植物分布。由此可见，浙江的珍稀濒危植物主要分布在海拔 201~1 000 m 中低海拔地带。海拔 200 m 以下分布的主要为水生、沙生草本植物及滨海植物，如水蕨（*Ceratopteris thalictroides*）、水车前（*Ottelia alismoides*）、珊瑚菜（*Glehnia littoralis*）、海岛荚蒾（*Viburnum japonicum*）等；分布于海拔 500 m 以下的有浙江马鞍树（*Maackia chekiangensis*）、浙贝母（*Fritillaria thunbergii*）、舟山新木姜子（*Neolitsea sericea*）、普陀鹅耳枥（*Carpinus putoensis*）等；分布于海拔 500~1 000 m 的有银杏、天目木兰、华顶杜鹃（*Rhododendron huadingense*）、羊角槭（*Acer miaotaiense* subsp. *yangjuechi*）、九龙山榧（*Torreya jiulongshanensis*）等；分布于海拔 1 000~1 500 m 的物种数量呈下降趋势并以乔木为主，如红豆杉（*Taxus wallichiana* var. *chinensis*）、巴山榧（*Torreya fargesii*）、白豆杉（*Pseudotaxus chienii*）等；分布于海拔 1 500 m 以上的珍稀濒危物种数量大幅减少，如尖萼紫茎（*Stewartia sinensis* var. *acutisepala*），以及分布于海拔 1 700 m 的百山祖冷杉等。

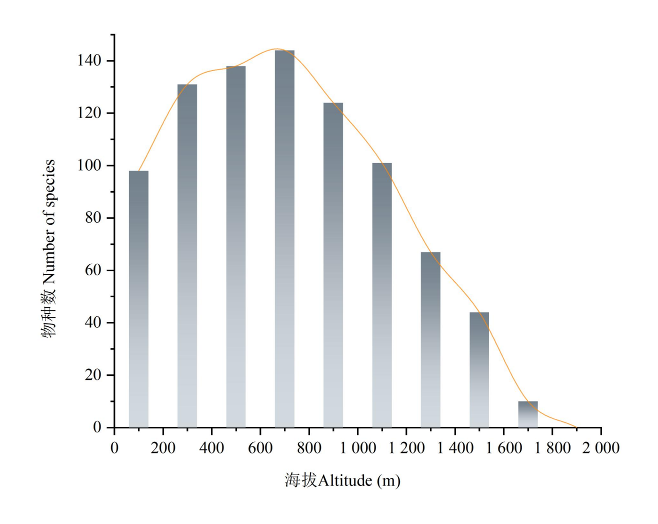


图 2 浙江珍稀濒危植物垂直分布情况

Fig. 2 Vertical distribution of rare and endangered plants in Zhejiang Province

2.2.4 优先保护分析

根据优先保护定量分析，被划定为I级的物种有 82 种，占 26.62%，划入此等级物种现存数量较少，分布极狭窄，如百山祖冷杉（0.8）、崖壁杜鹃（*Rhododendron saxatile*，0.757 1）、永嘉石斛（*Dendrobium yongjiaense*，0.757 1）、梵净山石斛（*Dendrobium fanjingshanense*，0.728 6）、泰顺杜鹃（0.728 6）、大黄花虾脊兰（*Calanthe sieboldii*，0.714 3）、浙江金线兰（0.714 3）、天目铁木（*Ostrya rehderiana*，0.7）、雁荡润楠（0.685 7）、九龙山榧（0.671 4）、浙江雪胆（*Hemsleya zhejiangensis*，0.642 9）、荞麦叶大百合（*Cardiocrinum cathayanum*，0.628 6）、菜头肾（*Strobilanthes sarcorrhiza*，0.614 3）等，大多为野生药用植物或花型美观，观赏价值高的物种，面临过度采挖的威胁（Chi et al., 2017），应着重聚焦于此等级物种保护。

划定为II级的物种有 144 种，占 43.24%，如独花兰（*Changnienia amoena*，0.6）、穗花杉（0.6）、浙江七子花（*Heptacodium miconioides* subsp. *jasminoides*，0.585 7）、永瓣藤（0.585 7）、舟柄铁线莲（*Clematis dilatata*，0.571 4）、舟山新木姜子（*Neolitsea sericea*，0.571 4）、杜鹃兰（*Cremastra appendiculata*，0.557 1）、扇脉杓兰（*Cypripedium japonicum*，0.557 1）、红豆杉（0.542 9）、巴山榧（0.528 6）、中华水韭 （*Isoëtes sinensis*，0.514 3）、钟萼木（*Bretschneidera sinensis*，0.5）、金毛狗（*Cibotium barometz*，0.5）等，均属于分布较狭窄，科研价值较高，或天然更新能力较弱的物种。

划定为 III 级的物种有 85 种，占 25.53%，省内呈多点状分布，种群数量较多，如软枣猕猴桃（*Actinidia arguta*，0.485 7）、八角莲（*Dysosma versipellis*，0.471 4）、福建柏（0.457 1）、浙江楠（*Phoebe chekiangensis*，0.457 1）、长序榆（0.457 1）、短萼黄连（0.442 9）、蕙兰（*Cymbidium faberi*，0.428 6）、花榈木（*Ormosia henryi*，0.414 3）、香果树（*Emmenopterys henryi*，0.4）、细果野菱（0.385 7）等。

划定为 IV 级的有 22 种，占 6.61%，有中华猕猴桃（*Actinidia chinensis*，0.371 4）、野大豆（*Glycine soja*，0.357 1）、野荞麦（*Fagopyrum dibotrys*，0.314 3）、斑叶兰（*Goodyera schlechtendaliana*，0.3）等，省内分布广泛，大多作为重要作物种质改良的野生种，也应给予一定关注。黑叶马尾藻、粗叶泥炭藓等 5 个物种因缺少分布及标本信息被划入此等级。

3 讨论

浙江分布的 333 种珍稀濒危植物中浙江特有种共 39 种（11.71%）、准特有种 42 种（12.61%）、

中国特有种210种（63.06%），种系特有化程度较高。列入《国家重点保护野生植物名录》（2021年）的有国家一级保护野生植物11种、二级保护植物105种，被列入《浙江省重点保护野生植物名录》（2023年）的145种，被列入《中国高等植物受威胁物种名录》（2017）中极危（CR）25种、濒危（EN）42种、易危（VU）93种。浙江珍稀濒危植物中种子植物占比大，其中裸子植物共5科13属20种，其中有不少古老和原始类群，如竹柏（*Nageia nagi*）、百日青（*Podocarpus neriifolius*）等（金孝锋和鲁益飞，2021），其中85%物种被列为国家重点保护植物；被子植物共83科202属291种，其中兰科植物共计32属56种，占比最大（16.81%），其次是百合科8属13种（3.92%）。兰科与百合科植物通常具有较高的濒危风险和物种价值，因此往往被列为优先保护对象。由于这些植物大多拥有色彩斑斓、形态独特的花，且许多种类具有药用价值，经常成为非法挖掘和破坏的对象，因此须加强宣传力度，由相关部门加强监管。对于市场需求量大的物种，应通过人工繁育等方法来满足需求。兰科植物受特定生物学特性限制，例如其种子微小且无法储存养分，以及其独特的传粉机制，这些因素进一步加剧了它们的濒危状况（陈心启和吉占和，1998），因此对这些植物应给予更多的关注。

胡绍庆等（2002）将浙江珍稀濒危植物保护主要可分为7个关键区域，即浙西北山区（西天目山为中心）、浙西山区（古田山为中心）、浙西南山区（九龙山为中心）、浙南山区（凤阳山—百山祖为中心）、浙东山区（括苍山为中心）、浙东丘陵（天台山为中心）、舟山群岛（普陀山为中心）。浙江珍稀濒危植物主要集中分布在浙西北与安徽省、浙西南与福建省和江西省的省域交界处，得益于这2个区域地形复杂，空间异质性较强，为植物提供了天然避难所，且西南部雨热条件丰富，受台风等自然灾害影响较小。浙东北地区由于环杭州湾平原人口稠密，开发较早，珍稀濒危植物种类及其蕴藏量极少。浙中丘陵盆地区域内的山体普遍较为矮小、破碎，这里的农垦活动和山林经济得到了较广泛开展。低海拔的范围内，竹林的分布较为普遍，物种多样性相对匮乏。省内居民在冬春季节有挖掘鲜笋食用的习惯，及定期对三至五年龄的毛竹进行采伐，这些活动对适生于竹林下的珍稀濒危植物造成了严重干扰。

从垂直分布的角度来看，浙江省内珍稀濒危植物的种类数量呈现出一种先随着海拔高度的上升而增加，随后又逐渐减少的趋势。在海拔601~800 m的区间内，珍稀植物的种类数量达到峰值。这可能与该海拔区间内人类活动相对较少，干扰程度较低有关。浙江西北部和西南部山区，这一海拔范围较为广阔，为植物的生长和繁衍提供了较为理想的条件。根据中度干扰假说，适度的地形复杂化有助于促进水热条件和土壤类型的多样性。这种地形的复杂性可以为植物提供更多的生境选择，从而有利于不同物种的共存。当生境多样性增加时，不同物种能够找到适宜的生存空间，有助于提升整体的物种丰富度（王志恒，2004）。

根据优先保护值（v_s）的大小与国家或省级保护等级以及受威胁等级进行对比，其中，I级优先保护的有极危等级15种，濒危等级12种，易危等级19种；II级优先保护的有极危等级8种，濒危等级22种，易危等级38种；III级优先保护的有极危等级1种，濒危等级7种，易危等级31种。总体上看，物种的濒危等级和优先保护级别确实与其保护的急切程度相关。然而，部分物种实际情况却并非完全如此，一些植物的濒危等级较高，但优先保护级别却并不突出，这说明物种优先保护级别的确定并非仅受濒危程度的影响，其他几项指标也具有一定的制约性。以珊瑚菜、宝华鹅耳枥（*Carpinus oblongifolia*）和宽叶泽苔草（*Caldesia grandis*）为例，它们的濒危等级在名录中均被评估为极危等级，但优先保护级别为II级，可能是因为尽管这些物种面临濒危的境地，但它们的经济价值相对有限，因此受到的人为干扰相对较小。还有一些物种的濒危等级虽然仅为易危等级，但由于其经济价值较高，容易受到人为干扰，例如天目当归、浙贝母等。如果不重视对其种群及生境的保护，这些物种也可能会面临濒危的局面。此外，一些植物的保护等级低于国家等级，这可能是因为其在全国数量较少，但在浙江的分布相对较多，如南方红豆杉（*Taxus wallichiana* var. *mairei*）、浙江楠等，这也表明国家级与省级保护区的建立对于物种的保护具有重要意义。通过对浙江珍稀濒危植物进行优先保护定量分析，直观反映出省内珍稀濒危植物保护的急切程度，对植物物种进行风

险评估，并进行实时监测，动态调整优先保护顺序，更能全面探析珍稀濒危植物所面临的威胁和生态需求。

珍稀濒危植物的濒危机制主要包括繁殖障碍、种子萌发率低等自身因素的研究，也包括地质自然灾害、病虫害、气候变化、人类活动导致的生境退化和破碎化等外部因素（Volis et al., 2020）。在优先保护I级物种中，浙江省特有的或近特有种占 54.8%。这些特有种大多仅分布于单一县级行政区域内，种群数量稀少，并且与人类居住区距离较近，因此受到的人为干扰相对较大。例如，普陀鹅耳枥、细果秤锤树、永嘉石斛等极小种群物种。在这些受人为干扰较为严重的地区，须及时建立防护设施，设置警示标识。同时，应采取措施对现有种群进行就地保护，通过种苗繁育和野外回归等方法来科学扩大种群规模，确保其稳定繁衍。对于那些分布范围较广的物种如长序榆、福建柏、蛛网萼（*Platycrater arguta*）等，则可以通过建立长期固定的监测样地来进行持续的生态监测。鉴于珍稀濒危植物所面临的生境破碎化挑战，应加速推进自然保护小区建设，旨在恢复和巩固珍稀濒危植物栖息地之间的连接，以遏制其种群数量的进一步减少，并填补大型自然保护区在保护效能上的空白。在农垦经济较发达的中低海拔地区，以毛竹（*Phyllostachys edulis*）为代表的经济作物在保护地内无序蔓延和较多入侵植物的快速侵入，给浙江本土植物生存带来了一定压力，进一步压缩了珍稀濒危植物生存空间，对保护地内的植物群落产生了深远的影响，可使用遥感技术定期监测其扩散态势，并进行适度间伐或刈割控制其扩张。

参考文献：

Biodiversity Committee, Chinese Academy Sciences, 2023. China's Biodiversity Status Report (2021–2022)[J]. Biodiversity Science, 31: 23286. [中国科学院生物多样性委员会，2023. 中国生物多样性状况报告(2021–2022)[J]. 生物多样性，31：23286.]

CHEN F, XIE WY, ZHANG FY, et al., 2022. Diversity and endangered status of Chinese Key Protected Wild Plants in Zhejiang Province[J]. Journal of Zhejiang A & F University, 39(5): 923-930. [陈锋，谢文远，张芬耀，等，2022. 浙江省国家重点保护野生植物的多样性及濒危现状[J]. 浙江农林大学学报，39(5)：923-930.]

CHEN QY, 1985. Zhejiang geographic abstracts[M]. Hangzhou: Zhejiang People's Press: 87-92. [陈桥驿，1985. 浙江地理简志[M]. 杭州：浙江人民出版社：87-92.]

CHEN RB, ZHANG GF, LIU J, et al., 2015. Endangerment grade and protection priority of rare plant species in Baohuashan National Forest Park, Jiangsu Province[J]. Journal of Ecology and Rural Environment, 31(2): 174-179. [陈瑞冰，张光富，刘娟，等，2015. 江苏宝华山国家森林公园珍稀植物的濒危等级及优先保护[J]. 生态与农村环境学报，31(2)：174-179.]

CHEN XQ, JI ZH, 1998. The Orchids of China [M]. Beijing: China Forestry Press: 11-18. [陈心启，吉占和，1998. 中国兰花全书[M]. 北京：中国林业出版社：11-18.]

CHENG WC, FU LK, CHENG CY, 1975. Gymnospermae Sinicae[J]. Acta Phytotaxonomica Sinica, 13(4): 56-123. [郑万钧，傅立国，诚静容，1975. 中国裸子植物[J]. 植物分类学报，13(4)：56-123.]

CHI X, ZHANG Z, XU X, et al., 2017. Threatened medicinal plants in China: Distributions and conservation priorities[J]. Biological Conservation, 210: 89-95.

CRONQUIST A, 1981. An integrated system of classification of flowering Plants [M]. New York: Columbia University Press.

FANG YP, LIU SX, WANG ZX, et al., 2007. Quantitative assessment of priority for conservation of the national protected plants in Qizimeishan Mountain Nature Preserve[J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 27(2): 348-355. [方元平，刘胜祥，汪正祥，等，2007. 七姊妹山自然保护区野生保护植物优先保护定量研究[J]. 西北植物学报，27(2)：348-355.]

HE YJ, CUI GF, FENG ZW, 2004. Conservation priorities for plant species of forest-meadow ecotone in

Sanjiangyuan Nature Reserve[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 15(8): 1307-1312. [何友均，崔国发，冯宗炜，等，2004. 三江源自然保护区森林—草甸交错带植物优先保护序列研究[J]. 应用生态学报，15(8)：1307-1312.]

HU SQ, DING BY, CHEN ZH, 2002. The critical regions for conservation of rare and endangered plant species diversity in Zhejiang Province[J]. Biodiversity Science, 10(1): 15-23. [胡绍庆，丁炳扬，陈征海，2002. 浙江省珍稀濒危植物物种多样性保护的关键区域[J]. 生物多样性，10(1)：15-23.]

JIN SH, YU J, DING BY, et al., 2022. Current situation of distribution and conservation of national wild plants for protection in Zhejiang Province[J]. Journal of Zhejiang Forestry Science and Technology, 22(2): 48-53. [金水虎，俞建，丁炳扬，等，2002. 浙江产国家重点保护野生植物(第一批)的分布与保护现状[J]. 浙江林业科技，22(2)：48-53.]

JIN XF, LU YF, DING BY, et al., 2022. Species cataloging of the seed plants in Zhejiang, East China[J]. Biodiversity Science, 30(6): 31-39. [金孝锋，鲁益飞，丁炳扬，等，2022. 浙江种子植物物种编目[J]. 生物多样性，30(6)：31-39.]

JIN XF, LU YF, 2021. Floristic characteristic[M]// JIN SH. Flora of Zhejiang (New Edition): Vol. 1. Hangzhou：Zhejiang Science and Technology Publishing House: 46-74. [金孝锋，鲁益飞，2021. 植物区系[M]// 金水虎. 浙江植物志（新编）：第一卷[M]. 杭州：浙江科学技术出版社：46-74.]

LIN XZ, LOU LH, 2002. Resources of National Key Conservation Wild Plants in Zhejiang[J]. Journal of Zhejiang A & F University, 19(1): 31-35. [林夏珍，楼炉焕，2002. 浙江省国家重点保护野生植物资源[J]. 浙江农林大学学报，19(1)：31-35.]

PENG QQ, WANG ZX, LI TT, et al., 2017. Quantitative assessment of priority for rare and endangered plants in Wanchaoshan Nature Reserve of Hubei[J]. Guihaia, 37(7):859-867. [彭乾乾，汪正祥，李亭亭，等，2017. 湖北万朝山自然保护区珍稀濒危植物优先保护定量研究[J]. 广西植物，37(7)：859-867.]

QIAN H, 1998. Large-scale biogeographic patterns of vascular plant richness in North America: an analysis at the generic level[J]. Journal of Biogeography, 25(5): 829-836.

QIN(CHING) RC, 1978. The Chinese fern families and genera: systematic arrangement and historical origin[J]. Acta Phytotaxonomica Sinica, 16(3): 1-19. [秦仁昌，1978. 蕨类植物科属的系统排列和历史来源[J]. 植物分类学报，16(3)：1-19.]

SHAN ZJ, ZHAO LN, YANG YC, et al., 2019. An overview on assessment systems for threatened plants in China[J]. Biodiversity Science, 27(12): 1352-1363. [单章建，赵莉娜，杨宇昌，等，2019. 中国植物受威胁等级评估系统概述[J]. 生物多样性，27(12)：1352-1363.]

SONG MZ, HU ZR, ZHOU SX, et al., 2019. Quantitative study on priority conservation of wild rare plants in Saiwudang National Nature Reserve, Hubei[J]. Plant Science Journal, 37(6): 741-747. [宋满珍，胡忠仁，周赛霞，等，2019. 湖北赛武当自然保护区野生珍稀植物优先保护定量研究[J]. 植物科学学报，37(6)：741-747.]

VOLIS S, DENG T, 2020 Importance of a single population demographic census as a first step of threatened species conservation planning[J]. Biodiversity and Conservation, 29(2): 527-543.

WANG CT, ZHU SC, 2004. Rare plant resources in Zhejiang Province and their distribution in nature reserves[J]. Chinese Wild Plant Resources, 23(4): 26-28. [王昌腾，朱圣潮，2004. 浙江省珍稀植物资源及其在自然保护区的分布[J]. 中国野生植物资源，23(4)：26-28.]

WANG ZH, CHEN AP, FANG JY, 2004. Richness of seed plants in relation with topography in Hunan Province[J]. Acta Geographica Sinica, 59(6): 889-894. [王志恒，陈安平，方精云，2004. 湖南省种子植物物种丰富度与地形的关系[J]. 地理学报，59(6)：889-894.]

YE ZJ, CHAI XZ,1986. Zhejiang forestry soil [M]. Hangzhou: Zhejiang Science and Technogoly

Publishing House: 33-40. [叶仲节，柴锡周，1986. 浙江林业土壤[M]. 杭州：浙江科学技术出版社：33-40.]

YU JH, QIN F, XUE TT, et al., 2023. Conservation status and prediction analysis of potential distribution of National Key Protected Wild Plants[J]. Guihaia, 43(8): 1404-1413. [余江洪，秦菲，薛天天，等，2023. 国家重点保护野生植物的保护现状及潜在分布区预测分析[J]. 广西植物，43(8)：1404-1413.]

ZHAO L, LI J, LIU H, et al., 2016. Distribution, congruence, and hotspots of higher plants in China[J]. Scientific Reports, 6(1): 19080.

Zhejiang Forestry Department, Zoning Office, 1991. Forestry Zoning of Zhejiang Province [M]. Beijing: China Forestry Press: 12-17. [浙江省林业厅区划办公室，1991. 浙江省林业区划 [M]. 北京：中国林业出版社：12-17.]